

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “***Rancang Bangun Inverter Sebagai Driver Motor Induksi 3 Fasa***” ini beserta seluruh isinya adalah benar – benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara – cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung resiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, 5 Desember 2015

Yang membuat pernyataan,

Susi Susanti
NIM. 1104217

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT karena atas berkat rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi ini dengan sebaik-baiknya. Shalawat serta salam semoga selalu terlimpah curahkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Skripsi ini ditujukan untuk memenuhi salah satu persyaratan akademis program studi strata satu di Departemen Pendidikan Teknik Elektro (DPTE), Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan (FPTK), Universitas Pendidikan Indonesia (UPI). Adapun judul yang diangkat adalah "*Rancang bangun inverter sebagai driver motor induksi 3 fasa*".

Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan, bantuan dan doa dari pihak lain, laporan ini tidak dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses pengerjaan tugas akhir ini, yaitu kepada:

1. Ibu Nartati Nurcahya dan Bapak Jajang sebagai orang tua yang sangat luar biasa dalam mendukung anaknya baik secara moral, spiritual serta materi.
2. Dr. Hj. Budi Mulyanti, M.Si. selaku Ketua Departemen Pendidikan Teknik Elektro FPTK UPI.
3. Dr. Aip Saripudin, MT. Selaku Ketua Program Studi S1 – Teknik Elektro FPTK UPI.
4. Maman Somantri, S.Pd. MT. selaku dosen pembimbing akademik yang senantiasa memberikan semangat dan motivasi kepada penulis.
5. Ir. H. Dadang Lukman Hakim., MT. selaku dosen pembimbing I yang telah banyak membantu dan sabar dalam membimbing penulis.
6. Drs. Yoyo Somantri, ST. M.Pd. selaku dosen pembimbing II yang telah banyak membantu dan sabar dalam membimbing penulis.
7. Seluruh staff dosen Departemen Pendidikan Teknik Elektro FPTK UPI.
8. Seluruh staff administrasi Departemen Pendidikan Teknik Elektro FPTK UPI.
9. Seluruh rekan - rekan seperjuangan di program studi S1 – Teknik Elektro 2011.

10. Kakak – kakak tingkat 2008 hingga 2010 yang telah memberikan ilmu dan bantuannya dalam pembuatan skripsi ini.
11. Adik – adik tingkat 2015 hingga 2012 yang telah banyak membantu dan memberikan semangatnya kepada penulis.
12. Teman-teman ‘garasi squad’ yang selalu memberikan semangat dan motivasi serta kerjasamanya selama pembuatan skripsi ini.

Penulis menyadari laporan ini jauh dari kesempurnaan, maka dari itu penulis mohon kritik dan saran dari pembaca. Penulis juga berharap mudah-mudahan laporan ini bermanfaat untuk penulis khususnya dan bagi khasanah ilmu pengetahuan teknik elektro pada umumnya.

Bandung, 5 Desember 2015

Penulis

ABSTRAK

Dalam sepuluh tahun terakhir perkembangan mengenai teknologi konversi energi mengalami kemajuan yang sangat pesat. Hal ini disebabkan oleh penetrasi yang terus menerus terjadi pada elektronika daya ke pembangkit listrik. Terhitung lebih dari 85% dari seluruh jenis motor yang digunakan di industri dan aplikasi domestik, motor induksi lebih banyak dipilih. Mayoritas dari drive di dunia industri menggunakan motor induksi AC karena motor ini kasar, handal, dan relatif murah. Motor induksi terutama digunakan untuk aplikasi kecepatan konstan karena tidak tersedia suplai tegangan dengan variabel frekuensi. Rangkaian inverter yang dirancang pada penelitian ini digunakan sebagai *driver* motor induksi tiga fasa yang memerlukan tegangan suplai sebesar 380 V. Selain itu, inverter yang dirancang diharapkan mampu menangani beban kontinu sebesar 1000 VA. Pada proses perancangan dan penelitian yang dilakukan terdiri dari proses simulasi dan rancang bangun prototipe rangkaian inverter sebagai *driver* motor induksi tiga fasa. Pada perancangan dan penelitian yang dilakukan pada skripsi ini terdiri dari tiga komponen, yaitu rangkaian sinusoidal PWM, rangkaian inverter dan rangkaian filter pasif low-pass. Untuk mengurangi harmonisa yang terdapat pada gelombang keluaran inverter maka digunakan pola penyaklaran sinusoidal PWM. Sehingga tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui desain inverter, spesifikasi perancangan inverter dan pola penyaklaran yang digunakan pada inverter. alasan dilakukannya penelitian ini adalah mengejar kebutuhan terhadap penggunaan inverter di dunia industri. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kualitatif dimana data perancangan inverter akan dibandingkan dengan hasil percobaan prototipe.

Kata kunci : Inverter tiga fasa, Sinusoidal PWM, Motor induksi, Filter pasif low-pass

ABSTRACT

In the last 10 years the development of energy conversion technology has been developing very fast. This is due to the continuous penetration in power electronics to power plants. Estimated more than 85% from every single type of motor which used in industries and domestic applications, induction motor is the most selected choice. The majority of drive in industries are using AC induction motor because of its robust, reliable, and relatively cheap. Induction motor mainly used in constant speed application because voltage supply for frequency variable was not available. The designed inverter circuit in this research was used as a three phase induction motor driver which needs voltage supply of 380 Volts. Besides, the designed inverter was expected to handle a continuous load of 1000 VA. In the design process and the research which conducted consists of simulation stage and building the prototype of inverter circuit as a three phase induction motor driver. At the design and the research that conducted in this paper are consisted of three components, which are sinusoidal PWM circuit, inverter circuit, and low pass passive filter circuit. To reduce the harmonics in the waveform of inverter's output, then used sinusoidal PWM switching scheme. Therefore the purpose of this research is to know how to design an inverter, the specification of inverter design, and the switching scheme that is used in the inverter. The reason for conducting this research is to pursue the needs of inverter utilities in the industries. The research method that is used in this research is a qualitative method which the inverter design data is compared with the tested prototype.

Keywords: *three phase inverter, Sinusoidal PWM, Induction Motor, Low Pass Passive Filter*

DAFTAR ISI

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	i
UCAPAN TERIMA KASIH	ii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian	2
1.2.1 Identifikasi Masalah	2
1.2.2 Batasan Masalah	3
1.2.3 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Struktur Organisasi Skripsi	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA	6
2.1 Tinjauan Umum	6
2.2 Kajian Penunjang Penelitian	7
2.2.1 Perangkat Semikonduktor Daya	7
2.2.1.1 Dioda	10
2.2.1.2 MOSFET (<i>Metal Oxide Field Effect Transistors</i>)	11
2.2.2 Komponen Pasif	12
2.2.2.1 Resistor	12
2.2.2.2 Kapasitor	13
2.2.2.3 Induktor	13
2.2.3 Perangkat Pendukung	14
2.2.3.1 Rangkaian <i>Driver</i> MOSFET	14
2.2.3.2 Rangkaian <i>Snubber</i>	15
2.2.3.3 Catu Daya DC	16

2.2.4 Motor Induksi Tiga Fasa.....	16
2.2.5 Inverter Tiga Fasa	21
2.2.5.1 Inverter	21
2.2.5.2 Inverter VSI Tiga Fasa	24
2.2.5.3 PWM (<i>Pulse Width Modulation</i>).....	27
2.2.5.4 Rangkaian Osilator Sinusoidal dengan menggunakan Bubba Osilator	32
2.2.5.5 Rangkaian Sinyal Pembawa (Osilator Segitiga)	36
2.2.5.6 Filter All-Pass.....	36
2.2.6 Filter Pasif Low-pass	38
 BAB III METODE PENELITIAN.....	42
3.1 Diagram Blok Alat	42
3.2 Spesifikasi Inverter Tiga Fasa	43
3.3 Diagram Alir (<i>flowchart</i>) Perancangan Sistem	44
3.4 Deskripsi Kerja Alat	45
3.5 Pembuatan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>).....	48
3.5.1 Rangkaian Sinusoidal PWM	48
3.5.2 Rangkaian Osilator Segitiga	48
3.5.3 Rangkaian Osilator Sinusoidal.....	50
3.5.4 Rangkaian Komparator	51
3.5.5 Rangkaian <i>Driver</i> MOSFET	52
3.5.6 Rangkaian MOSFET	52
3.5.7 Rangkaian <i>Phase Compensator</i>	53
3.5.8 Filter Pasif Low-Pass	53
 BAB IV TEMUAN DAN PEMBAHASAN	55
4.1 Hasil Simulasi Rangkaian Inverter Menggunakan PSIM.....	55
4.1.1 Rangkaian Inverter dengan Pola Penyaklaran <i>Gatting Block</i>	55
4.1.2 Rangkaian Inverter dengan Pola Penyaklaran Sinusoidal PWM	56
4.1.3 Rangkaian <i>Phase Compensator</i>	57
4.1.4 Rangkaian Inverter dengan Beban Motor Induksi	58
4.2 Hasil Simulasi Rangkaian PWM Menggunakan <i>National Instrumen</i> Multisim 12	59

4.2.1	Rangkaian Osilator Sinusoidal	59
4.2.2	Rangkaian Osilator Segitiga.....	60
4.2.3	Rangkaian Komparator	61
4.3	Perancangan Rangkaian Inverter	62
4.4	Hasil Pembuatan Alat	63
4.4.1	Komponen Sinusoidal PWM.....	63
4.4.1.1	Rangkaian Osilator Sinusoidal	63
4.4.1.2	Rangkaian Osilator Segitiga.....	65
4.4.1.3	Rangkaian Sinusoidal PWM	66
4.5	Pola Penyaklaran yang digunakan pada Rangkaian Inverter sebagai <i>Driver</i> Motor Induksi Tiga Fasa.....	67
4.6	Pengujian Alat	68
4.6.1	Pengujian Rangkaian Sinusoidal PWM	68
4.6.2	Pengujian Rangkaian Inverter	68
BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI DAN REKOMENDASI		70
5.1	Simpulan.....	70
5.2	Implikasi.....	70
5.3	Rekomendasi	71
DAFTAR PUSTAKA		72
LAMPIRAN - LAMPIRAN.....		74

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Kapasitor dan Induktor.	14
Tabel 2.2 Standar IEEE 519-1992 untuk distorsi harmonisa tegangan maksimum yang masih bisa diterima.....	38
Tabel 3.1 Spesifikasi Perancangan Inverter Tiga Fasa.	43
Tabel 3.2 Keterangan gambar rangkaian inverter.	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bentuk gelombang penyaklaran dan disipasi daya sesaat pada saklar semikonduktor.....	8
Gambar 2.2 Wilayah operasi semikonduktor daya. (a) tegangan terhadap frekuensi; dan (b) arus terhadap frekuensi	10
Gambar 2.3 Diode: (a) Symbol, (b) Karakteristik i-v (c) Karakteristik ideal	10
Gambar 2.4 MOSFET kanal-n: (a) simbol, (b) karakteristik i-v, (c) karakteristik ideal.	11
Gambar 2.5 Karakteristik transfer MOSFET	12
Gambar 2.6 Simbol resistor.....	13
Gambar 2.7 Simbol kapasitor.....	13
Gambar 2.8 Rangkaian driver MOSFET	15
Gambar 2.9 Konstruksi motor induksi	17
Gambar 2.10 Motor induksi jenis rotor sangkar (a). Sketsa rotor Sangkar (b). jenis rotor sangkar.....	18
Gambar 2.11 Motor induksi jenis rotor belitan.....	19
Gambar 2.12 Rangkaian ekivalen motor induksi.....	20
Gambar 2.13 Diagram blok inverter	21
Gambar 2.14 Mode pensaklaran inverter pada drive motor AC	23
Gambar 2.15 Topologi VSI.....	25
Gambar 2.16 Inverter tiga fasa.....	26
Gambar 2.17 Sinyal PWM	27
Gambar 2.18 Konsep dasar PWM.....	28
Gambar 2.19 Bagian PWM	29
Gambar 2.20 Bipolar PWM (a) referensi sinusoidal dan pembawa segitiga (b) keluaran $+V_{dc}$ ketika $v_{sine} > v_{tri}$ dan $-V_{dc}$ ketika $v_{sine} < v_{tri}$	30
Gambar 2.21 Konverter <i>Full-bridge</i> untuk PWM unipolar; (b) Referensi dan sinyal pembawa; (c) Tegangan bridge v_a dan v_b ; (d) Tegangan keluaran.....	32
Gambar 2.22 Bentuk resmi dari sistem feedback dengan feedback positif atau negatif.....	32
Gambar 2.23 Osilator pergeser fasa dengan penyangga tegangan.....	34

Gambar 2.24 Osilator bubba	34
Gambar 2.25 Output osilator bubba	35
Gambar 2.26 Osilator segitiga	36
Gambar 2.27 Filter all - pass urutan pertama	37
Gambar 2.28 Filter pasif low-pass	39
Gambar 2.29 Filter pasif low-pass RC	41
Gambar 3.1 Diagram blok sistem	43
Gambar 3.2 Diagram alir pembuatan inverter.....	45
Gambar 3.3 Rangkaian inverter dengan pola penyaklaran Sinusoidal PWM.....	46
Gambar 3.4 Rangkaian Sinusoidal PWM	48
Gambar 3.5 Rangkaian osilator segitiga	50
Gambar 3.6 Rangkaian osilator sinusoidal	50
Gambar 3.7 Rangkaian komparator	51
Gambar 3.8 Rangkaian <i>driver</i> MOSFET	52
Gambar 3.9 Rangkaian MOSFET	53
Gambar 3.10 Rangkaian <i>phase compensator</i>	53
Gambar 3.11 Inverter dengan filter pasif low-pass	54
Gambar 4.1 Inverter dengan pola penyaklaran menggunakan <i>gating block</i>	55
Gambar 4.2 Gelombang keluaran inverter dengan pola penyaklaran menggunakan <i>gating block</i>	55
Gambar 4.3 Gelombang keluaran inverter dengan pola penyaklaran menggunakan Sinusoidal PWM	56
Gambar 4.4 Gelombang keluaran beda fasa 120°	57
Gambar 4.5 Gelombang keluaran beda fasa 240°	58
Gambar 4.6 Rangkaian inverter ketika dibebani motor induksi	58
Gambar 4.7 Gelombang keluaran sensor kecepatan dan sensor torsi	59
Gambar 4.8 Gelombang keluaran osilator sinusoidal	60
Gambar 4.9 Gelombang keluaran osilator segitiga	61
Gambar 4.10 Gelombang keluaran komparator	61
Gambar 4.11 Gelombang keluaran inverter fasa R sebelum dipasang filter pasif low-pass (atas) dan gelombang keluaran inverter setelah dipasang filter pasif low-pass (bawah).....	62

Gambar 4.12 Spektrum keluaran gelombang inverter fasa R (a) Sebelum dipasang filter pasif low – pass (b) Setelah dipasang filter pasif low – pass	63
Gambar 4.13 Prototipe osilator sinusoidal	64
Gambar 4.14 Gelombang keluaran osilator sinusoidal menggunakan osiloskop .	64
Gambar 4.15 Prototipe osilator segitiga.....	65
Gambar 4.16 Gelombang keluaran osilator segitiga menggunakan osiloskop	65
Gambar 4.17 Rangkaian Sinusoidal PWM	66
Gambar 4.18 Gelombang keluaran rangkaian Sinusoidal PWM menggunakan osiloskop	66
Gambar 4.19 Rangkaian inverter tiga fasa dengan pola penyaklaran PWM	67
Gambar 4.20 Pengujian Rangkaian Sinusoidal PWM	68
Gambar 4.21 Pengujian Rangkaian Inverter	69

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Keputusan Pengangkatan Dosen Pembimbing.....	74
Lampiran 2. Lembar Hasil Bimbingan.....	76
Lampiran 3. Diagram rangkaian inverter	80
Lampiran 4. Skematik rangkaian inverter.....	81
Lampiran 5. <i>Layout</i> PCB	82